Konstruktionslehre 3 SoSe 23

Fakultät V
Verkehrs- und Maschinensysteme

Konstruktion und Produktzuverlässigkeit

Methoden der Produktentwicklung und Mechatronik

Konstruktion von Maschinensystemen

1. Konstruktionsaufgabe

Thema: Flaschenzug

Einleitung

Flaschenzüge sind Aggregate aus dem Bereich der Fördertechnik, die zum Anheben großer Lasten verwendet werden, wobei die aufzubringende Kraft durch die Übersetzung des Flaschenzugs nur einen Bruchteil der Hublast beträgt. Flaschenzüge können mit verschiedenen Antrieben konzipiert werden. Vorliegend sollen sogenannte Handflaschenzüge betrachtet werden, bei denen durch ein händisches Betätigen einer Haspelkette über ein verzahntes Kettenrad (Haspelrad) ein Drehmoment in den Antriebsstrang des Flaschenzugs eingeleitet wird. Dieses Antriebsmoment wird durch ein im Inneren des Flaschenzugs liegendes Getriebe übersetzt und auf ein verzahntes Lastkettenrad übertragen. Dieses Kettenrad steht mit der Lastkette über einen Formschluss in Verbindung und dient zum Heben einer Last (vgl. Abbildung 1 und Abbildung 2).



Abbildung 1: Flaschenzug[1]

Ihre Firma bietet bereits einige Produkte aus dem Bereich der Hubwerktechnik mit Aggregaten für z.T. mehrere Tonnen Hublast an. Dieses Produktportfolio soll nun durch einen handbetriebenen Flaschenzug für eine gewerbliche Nutzung bei Montagearbeiten ergänzt werden. Hierbei soll ein Flaschenzug entwickelt werden, der für Nennlasten bis 200 kg eingesetzt werden kann und sich durch eine gute Bedienbarkeit und Handhabbarkeit auszeichnet.
Für einen kompakten Aufbau und durch Vorteile der internen Leistungsverzweigung beinhaltet das von Ihnen umzusetzende Konzept ein einstufiges Planetengetriebe. Ein ungewolltes Absenken der Last soll durch eine Rücklaufsperre verhindert werden. In Kombination mit einer kraftschlüssigen Verbindung zur Übertragung der Betätigungshandkraft wird darüber hinaus eine Hublastbegrenzung sowie ein gezieltes Absenken der Last ermöglicht.

[1] Quelle: https://www.planeta-hebetechnik.eu/de/hebezeuge/handhebezeuge/flaschenzuege/flaschen-zug-premium-pro-detail, letzter Zugriff: 07.04.2023

Aufgabenstellung

1 Auslegung der Zahnräder

Konzipieren Sie den Flaschenzug mit einstufigem Planetengetriebe, bestehend aus einem Hohlrad, einem Sonnenrad sowie drei Planetenrädern. Das Haspelrad des Flaschenzuges soll dabei mit der Sonnenradwelle und das Lastrad mit der Stegwelle in Verbindung stehen (vgl. Abbildung 2).
Bestimmen Sie zunächst unter Berücksichtigung der Vorgaben den zulässigen Bereich der Gesamtübersetzung des Flaschenzugs sowie die korrespondierenden Getriebeeingangs- und Getriebeausgangsgrößen. Beachten Sie die Beeinflussung der Gesamtübersetzung des Flaschenzugs durch die Wahl der Haspel- und Lastradgeometrie und legen Sie in diesem Zusammenhang eine sinnvolle Übersetzung für das Planetengetriebe fest.
Unter Verwendung der gegebenen Daten sind die Abmessungen der Getriebezahnräder bei Geradverzahnung zu bestimmen. Ermitteln Sie die Drehmomente an den Wellen. Bestimmen Sie auch das Gehäusemoment. Zur Abbildung eines durchgängigen Auslegungsprozesses wird die Modellierung des Getriebes mit KISSsys verlangt, um so das Änderungsmanagement und die Maschinenelementeberechnung in KISSsoft zu vereinfachen. Dabei soll der Flaschenzug als Verlustlos angenommen werden.

Erstellen sie ein User-Interface in KISSsys, das die wesentlichen Eingabegrößen und Ergebnisse zusammenfasst. Dazu gehören:

- Zähnezahlen, Drehzahlen, Momente, Stand- und Stufenübersetzung
- Die Sicherheiten und Lebensdauern der von Ihnen in KISSsoft berechneten Maschinenelemente

Das Interface in KISSsys ist ausreichend zu kommentieren, jedoch nicht separat in der Dokumentation zu erläutern.
Zusätzlich zum KISSsys-Modell ist ein korrespondierender Kutzbachplan des Planetengetriebestufe zu erstellen und der Dokumentation beizufügen.

2 Auslegung der Wellen und Achsen

Unter Verwendung der gegebenen Daten und der Antriebskonfiguration sind die Durchmesser der Wellen und Planetenachsen mittels KISSsoft zu bestimmen. Die Werkstoffe und Anwendungsfaktoren sind zu wählen und zu begründen. Achtung: Die Planetenachsen unterliegen am Punkt der festen Einspannung zusätzlich zu den allgemein anliegenden Biegebelastungen lokal erheblichen Scherbelastungen.

3 Auslegung des kraftschlüssigen Übertragungsmechanismus

Der Kraftschluss zur Übertragung des Drehmoments vom Haspelrad auf die Sonnenradwelle soll über entsprechende Reibflächen erfolgen. Mithilfe eines Gewindetriebs (vgl. Abbildung 2) wird die notwendige Anpresskraft auf die Reibbeläge ausgeübt. Der Gewindetrieb und die Reibflächen sollen dabei so ausgelegt werden, dass das erforderliche Antriebsmoment bei maximaler Betätigungskraft unter Einhaltung der geforderten Sicherheit übertragen werden kann. Das übertragbare Moment soll bei auftretender Haftreibung (Coulombscher Reibung) nachgewiesen werden.
Der Vorgang in der Reibzone beim Übergang von Gleit- in Haftreibung, das Gleiten beim Absenken der Last sowie eine thermische Auslegung der Reibbeläge kann vernachlässigt werden. Jedoch ist die notwendige Kraft, die zum Absenken der Last aufgrund des Gewindetriebs aufzubringen ist, zu dokumentieren und soll dabei die maximale Betätigungskraft nicht überschreiten.

4 Auslegung der Welle-Nabe-Verbindungen

Alle Welle-Nabe-Verbindungen sind zu berechnen und zu überprüfen. Begründen Sie Ihre Auswahl. Sind im Momentenfluss innerhalb des Gehäuses Schrauben[2] zur Übertragung des Drehmomentes verbaut, sind

[2] Alle weiteren Schrauben sind gemäß Tabelle A7 der VDI 2230 vorzudimensionieren.

auch diese nachzuweisen (Zur Berechnung von Mehrschraubverbindungen ist die VDI 2230 zu berücksichtigen.) Verwenden Sie zum Nachweis der Sicherheit der WNV ebenfalls KISSsoft.

5 Berechnung der Lagerlebensdauer

Konzipieren Sie für den Anwendungsfall geeignete Lageranordnungen. Für die Lagerungen sind die Belastungen unter Berücksichtigung des Eigengewichts zu analysieren. Mit diesen Belastungen sind die Lagerlebensdauern mittels KISSsoft zu bestimmen. Benutzen Sie Vergleichswerte für Sicherheiten und übliche Lebensdauern aus geeigneten Quellen (z.B. Normen, Richtlinien, Fachliteratur) und kommentieren Sie Ihre Ergebnisse. Die Ergebnisse sind auf Plausibilität zu prüfen und alle notwendigen Dokumente anzuhängen. Die Ergebnisse sind tabellarisch aufzulisten und kurz zu diskutieren.

6 Gestaltung des Getriebes

Ausgehend von der gegebenen Konfiguration ist ein CAD-Modell zu erstellen und daraus eine detaillierte technische Zeichnung mit Hauptschnitt in einem sinnvollen Maßstab, mit der Darstellung aller konzeptionellen Probleme, wie z.B. Lagerungen, Dichtungen, Hauptabmessungen, Bewegungs- und Kraftübertragungsnotwendigkeiten, etc. abzuleiten. Unter Einbeziehung der Ergebnisse der Auslegungsrechnung sowie der Regeln und Richtlinien der fertigungs- und montagegerechten Gestaltung ist der Entwurf in allen notwendigen Ansichten und Schnitten auszuarbeiten. Eine Stückliste zur Zeichnung inklusive der Werkstoffe sowie eine Passungstabelle sind obligatorisch. Anhand der Getriebe-Ausarbeitung ist eine Montageanleitung zu erstellen. Diese soll die korrespondierenden Positionsnummern sowie geeignete Abbildungen enthalten.

7 Meilensteinplan

Teilen Sie die Aufgabe in Teilpakete auf und benennen Sie Verantwortliche der Gruppe für die Bearbeitung der jeweiligen Pakete sowie die notwendigen Schnittstellen zwischen den Arbeitspaketen. Wir empfehlen den Meilensteinplan in den Sprechstunden mit Ihrem Tutor/Ihrer Tutorin abzusprechen – dies hilft Ihnen, den Bearbeitungsfortschritt zu überwachen. Die tabellarische und ggf. aktualisierte Version des Meilensteinplanes ist der Dokumentation bei Abgabe beizufügen

8 Abgabenumfang

Die Auslegungsberechnungen sind in digitaler Form zu dokumentieren. Hierbei ist insbesondere auf die Beschreibung des Rechenhergangs, auf die Interpretation der Ergebnisse und die Vollständigkeit der Quellenangaben für gewählte Werte zu achten. Formelzeichen und Bezeichnungen sind, sofern zum besseren Verständnis erforderlich, durch Skizzen zu verdeutlichen. Es ist eine normgerechte Baugruppenzeichnung des Getriebes, inklusive funktionsrelevanter Passungen, einer Passungstabelle, einer Stückliste und einer Montageanleitung anzufertigen. Berücksichtigen Sie die formalen Anforderungen (siehe ISIS).

Vorgaben

I. Allgemein

- geplante Stückzahl: 5000
- max. zulässige Hublast: $m_\mathrm{L} = 200\ \mathrm{kg}$
- erforderliche Hubgeschwindigkeit: $v_\mathrm{Hub} = 1\ {}^\mathrm{m}/_\mathrm{min}$
- max. Betätigungsgeschwindigkeit Haspelkette: $v_\mathrm{Haspel} = 30\ {}^\mathrm{cm}/_\mathrm{s}$
- max. Betätigungskraft (einhändig) nach DIN EN 1005-3
    - basierend auf den Kraftdaten der allgemeinen weiblichen Bevölkerung für einen gewerblichen Einsatz
    - bei der Berücksichtigung angepasster Kapazitätsgrenzen kann von idealen Bedingungen ausgegangen werden
    - das Risiko von Erkrankungen und Verletzungen soll möglichst minimal sein
- mittlere Betriebszeit pro Tag[3]: $t_\mathrm{B} = 1\ \mathrm{h}$
- Zahnradmodul ≥ 1mm
- etwa gleiche Häufigkeit von kleinen, mittleren und größten Lasten[3]

II. Kraftschlüssiger Übertragungsmechanismus

- Bewegungsgewinde nach DIN 103
- Kennwerte möglicher Reibstoffpaarungen z.B. nach VDI 2241
- Hinweis: Formel des mittleren Reibradius einer kreisringförmigen Reibfläche (r_A – Außenradius; r_I – Innenradius): $r_\mathrm{M} = \frac{2}{3}\left(\frac{{r_\mathrm{A}}^3 - {r_\mathrm{I}}^3}{{r_\mathrm{A}}^2 - {r_\mathrm{I}}^2}\right)$
- Erforderliche Sicherheit für die Drehmomentübertragung $S_\mathrm{erf} = 1{,}3$

III. Getriebe

- Die Zahnräder sind geradverzahnt auszuführen.
- Die Zähnezahlen sind sinnvoll zu wählen und zu begründen.
- Berücksichtigen Sie je nach Konzept die möglichen Fertigungsverfahren zur Fertigung von Innenverzahnungen

IV. Gehäuse

- Fertigungsverfahren, Form und Teilung sind zu wählen und zu begründen.
- Als Aufhängung ist ein geeigneter Lasthaken nach DIN 15411 zu verwenden
- Zur Befestigung der Lastkette am Gehäuse ist z.B. eine Ringschraube nach DIN 580 oder eine vergleichbare Lastöse einzusetzen

V. Schmierung

- Die Schmierung der Zahnräder und Lager ist sicherzustellen.
- Das Schmiermittel ist begründet zu wählen.

VI. Lagerung

- Die Lagerungskonzepte sind begründet zu wählen. Die Verwendung von Wälzlagern und Gleitlagern ist zulässig. Die Auslegung der Gleitlager in KISSsoft ist nicht möglich. Verwenden Sie gegebenenfalls die Informationen der Hersteller.
- Eine schwimmende Lagerung der Planetenräder ist vorteilhaft. Falls Sie dazu Wälzlagerungen verwenden, sind Nadellager zu bevorzugen. Beachten Sie dabei die jeweiligen Herstellerangaben und -hinweise.
- Die Sonnenradwelle soll geeignet in der Stegwelle gelagert werden
- Zur Absicherung des Axiallagers im Lasthaken genügt eine statische Sicherheitsbetrachtung nach DIN ISO 76.

---

[3] gem. DIN 15020

- Die Wälzkörper sollen, falls notwendig, selbst nach ISO 3290 gewählt werden. Alternativ kann die Innenkonstruktion nach Herstellerangaben übernommen werden. Auf die Darstellung des Käfigs kann in der Zeichnung verzichtet werden.

VII. Ketten und Kettenräder

- Haspelkette und Lastkette nach DIN 5684-1
- Die Auswahl der Ketten ist zu dokumentieren, in der Zeichnung sollen die Ketten jedoch nicht dargestellt werden.
- Teilkreisdurchmesser Kettenrad: $D = \sqrt{\left(\frac{t}{\sin\left(\frac{\beta}{z}\right)}\right)^2 + \left(\frac{d}{\cos\left(\frac{\beta}{z}\right)}\right)^2}$
    - Kettenteilung – t
    - Nenndicke – d
    - Zähnezahl – z
    - Bezugswinkel – $\beta = 90°$
- Kettenräder als Herstellerteil oder eigengefertigt

VIII. Normen/Zukaufteile

- Es soll ein Einbaufreilauf der Fa. Ringspann nach der Baureihe FZ als Rücklaufsperre verbaut werden (vgl. Abbildung 2)
- Bei der Verwendung von Normen ist der Anwendungsbereich abzusichern.
- Sollten Sie nicht genormte Zukaufteile verwenden, müssen entsprechende Datenblätter der Abgabe beigefügt werden und der Nachweis erbracht werden, dass die Verwendung dieser Bauteile zulässig ist (plausible Begründungen/Rechnungen unter Zuhilfenahme der Herstellerangaben).

IX. Zeichnung/Stückliste

- Die Stückliste ist entsprechend der Norm zu gestalten und sinnvoll zu sortieren (z.B. in dieser Reihenfolge: gefertigte Eigenteile mit Werkstoffangabe, Bauteile aus Halbzeugen, Kaufteile mit Angabe von Herstellerseriennr., -sachnr. oder - bezeichnungen, Normteile, jeweils von groß nach klein).
- In diesem Semester wird die Zeichnung digital eingereicht. Dennoch ist auf eine normgerechte Abgabe zu achten (Achten Sie auf eine angemessene Wahl der Linienstärke, Zeichnungsableitung mit geeignetem Maßstab).

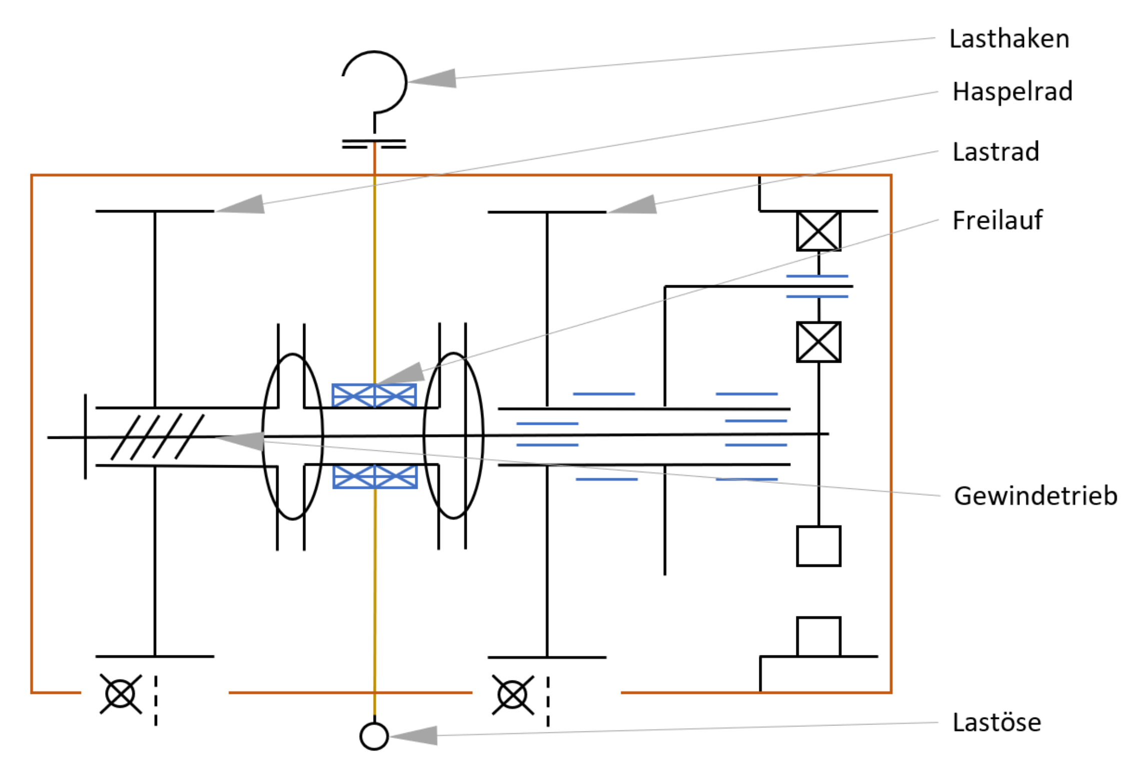


Abbildung 2: Prinzipskizze des Flaschenzuges

Abgaben

Fristen und Umfang

Die Abgabe der Zeichnungen und Rechnungen erfolgt digital. Der Upload erfolgt fristgerecht auf ISIS bis zum **22.05.2023 bis 10.00 Uhr**.

- Die Zeichnungen und die Dokumentation (inkl. Deckblatt, Selbstständigkeitserklärung und Meilensteinplan mit Verantwortlichkeiten) sind in zwei getrennten PDF-Dokumenten hochzuladen. Namenskonvention siehe Abschnitt Formatierung
- Es werden nur Abgaben mit unterschriebener Selbstständigkeitserklärung (Vorlage auf ISIS) bewertet.
- Die Assembly als *.step-Datei (eventuell als komprimierte Datei) ist hochzuladen.
- Es sind die KISSsys- und KISSsoft-Dateien dem Upload beizufügen.
- Die Konstruktion ist in 3D CAD durchzuführen, zusätzlich zum Hauptschnitt und allen weiteren notwendigen Ansichten ist ein sinnvoller isometrischer 3D-Schnitt einzufügen.
- Ohne aussagekräftige Zeichnung ist die Rechnung nicht nachvollziehbar und die gesamte Hausaufgabe wird mit 0 Punkten bewertet.
- Das PDF-Dokument, welches die Dokumentation beinhaltet, soll 30 Seiten mit Anhang, ohne Datenblätter und Montageanleitung, nicht überschreiten.
- KISSsoft-Protokolle und Datenblätter sind der digitalen Abgabe als zusätzlicher Anhang beizufügen und entsprechend zu benennen. Das Anhangsverzeichnis ist Bestandteil der digitalen Abgabe. Vermeiden Sie dabei das Anhängen gesamter Bauteilkataloge und reduzieren Sie die Datenblattanhänge auf die notwendigen Informationen der betreffenden Bauteile und Baugruppen.
- Ordnen Sie Ihre Dokumente sinnvoll in einem entsprechenden Verzeichnis an (Dokumentation, Anhang, KISSsoft-Protokolle, Datenblätter)

Einsicht/Rücksprache

Die Hausaufgaben werden bis auf weiteres digital korrigiert und digital zurückgegeben. Die Rücksprache erfolgt online. Nähere Informationen erhalten Sie zeitnah über die Ankündigung auf ISIS.

Formatierung

- Nach dem Deckblatt (mit Gruppennummer und Tutor) ist die Selbstständigkeitserklärung einzufügen. Abgaben ohne Unterschriften werden nicht bewertet, digitale Unterschriften sind zulässig.
- Gliedern Sie Ihre Abgabe entsprechend der Aufgabenstellung.
- Digitale Abgabe: Für hochzuladende Dateien gilt die folgende Namenskonvention, fette Bestandteile sind sinnvoll zu ersetzen: Gruppe_**00**_HA1_SoSe23_**Dokumententitel**.*
- Textdokumente (Dokumentation, Datenblätter, Protokolle) sowie Zeichnungen sind digital als PDF-Dokumente einzureichen.

Anforderungen und Hinweise

Allgemeine Hinweise

1. Konstruieren Sie platzsparend. Achten Sie implizit auf wirtschaftliche Lösungen. Grob unwirtschaftliche Lösungen/Fertigungsverfahren werden als schwere Fehler gewertet.
2. Der Momentenfluss ist zu gewährleisten und, wenn nicht anders besprochen, rechnerisch abzusichern (z.B. Schraubenverbindungen im Momentenfluss).
3. Belastungen durch Eigengewicht sollen in den Berechnungen in KISSsoft berücksichtigt werden. Physikalische Effekte durch das Eigengewicht sind weiterhin konstruktiv zu berücksichtigen.
4. Plagiate führen zur Modulnote 5,0.
5. Im Falle von Sicherheitsbestimmungen sind Vergleichssicherheiten aus geeigneten Quellen heranzuziehen. Berechnete Sicherheiten sind zu bewerten.
6. Achten Sie auf eine verständliche Dokumentation!
   Die Dokumentation von Herleitungen und Rechenergebnissen ist, sofern zum besseren Verständnis erforderlich, durch Skizzen und Darstellungen zu veranschaulichen. Bei jeder Form von Diagrammen ist auf eine korrekte Achsenbeschriftung (Bezeichnung, Einteilung und physikalische Einheit der jeweiligen Größe) zu achten.
7. Typische Vereinfachungen, die Sie aus K1-K2 kennen, sind im Zweifel nicht mehr gültig – Beispiel: Lagersitze die geschliffen werden bekommen einen Freistich nach Norm und keine Rundnut.
8. Nutzen Sie bitte die Sprechstunden, um Fehler zu vermeiden und planen Sie genug Zeit für die Zeichnungsableitung ein.
9. Auf die Montierbarkeit und einen möglichst geringen Fertigungsaufwand der Gesamtkonstruktion ist zu achten. Zur Wahl der Fertigungsverfahren berücksichtigen Sie die Hinweise auf ISIS.

Zukaufteile

- Wenn Sie Zukaufteile verwenden, beachten Sie zwingend die Datenblätter hinsichtlich Anforderungen an die Umgebungskonstruktion etc.
- Achten Sie darauf das für von Ihnen gewählte Bauteile alle eventuell notwendigen Informationen wie Anschlusstoleranzen, Oberflächengüten etc. öffentlich verfügbar zugänglich sind.

Auslegungsberechnungen

- Auslegungsberechnungen sind in digitaler Form zu dokumentieren. Hierbei ist insbesondere auf die Beschreibung des Rechnungshergangs, auf die Kommentierung/Interpretation von Zwischen- und Endergebnissen, sowie die Vollständigkeit der Quellenangaben für gewählte Werte zu achten. Nichttriviale Formeln (außer in diesem Dokument gegebene Formeln) ohne Quellen/Herleitungen können nicht verwendet werden. Die ausführliche Darstellung einer exemplarischen Berechnung ist ausreichend, alle weiteren Nachweise mit der gleichen Berechnungsmethode sind tabellarisch aufzulisten (sich dabei ändernde Werte oder Annahmen müssen trotzdem nachvollziehbar sein).
- Für die Auslegungsrechnungen ist die Nutzung der Software KISSsoft/KISSsys Pflicht. Die Reports sind im digitalen Anhang beizufügen sowie die Berechnungsdateien digital abzugeben. Des Weiteren sind im Haupttext der Dokumentation die verwendeten Rechenmethoden und Eingangswerte zu plausibilisieren und die Berechnungsergebnisse zusammenzufassen und zu bewerten. Sind Berechnungen in dieser Software nachweislich nicht durchführbar halten Sie Rücksprache mit Ihrem Tutor.
- Eine bestimmte Auslegungsrechnung ist für sich konsistent entlang einer Quelle für die Berechnung durchzuführen, sofern nicht anders in dieser Quelle beschrieben. Dies schließt die Ermittlung von zulässigen Werkstoffkennwerten für die jeweilige Rechnung explizit ein. Ein Mix aus Formeln, Kenn- und Werkstoffwerten aus verschiedenen Quellen stellt keinen vollständigen Nachweis dar.

Weitere Hinweise auf ISIS

- Beachten Sie die Anforderungen an die Form der Dokumentation (inklusive Zitierstil; s. ISIS). Abgaben, die diesen Anforderungen nicht entsprechen, werden nicht bewertet.
- Beachten Sie die Richtlinien zu Fertigungsverfahren auf ISIS.
- Zur Gewährleistung einer transparenten Bewertung und Selbstkontrolle berücksichtigen Sie das auf ISIS bereitgestellte Korrekturschema.